

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-343318

(43) 公開日 平成4年(1992)11月30日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>  
G 0 2 B 26/10

識別記号 104  
府内整理番号 8507-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平3-142710

(22) 出願日 平成3年(1991)5月20日

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 中川 亘

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者 鶴岡 亨彦

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

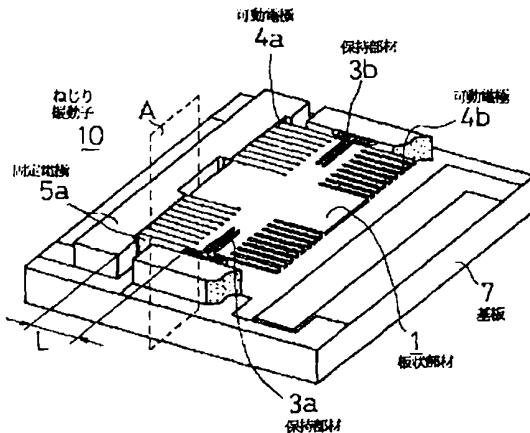
(74) 代理人 弁理士 松崎 清

(54) 【発明の名称】 ねじり振動子

(57) 【要約】

【目的】 低電圧かつ高速駆動が可能で大きな振れ角が得られる薄型のねじり振動子を提供する。

【構成】 絶縁膜を介して積層された櫛歯形状の第1、第2可動電極を持つ薄板状の板状部材1と、この板状部材1の重心を通る軸上で板状部材1と基板7に接合された保持部材3a, 3bと、板状部材1の櫛歯とかみあい板状部材1に比べて充分な厚さを持つ櫛歯形状の固定電極5a, 5b (5bは図示を省略) とを設け、第1、第2可動電極と固定電極5a, 5bとの間に電圧を印加することにより、板状部材1を保持部材3a, 3bのまわりに回転可能とする。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁膜を挟んで形成された第1、第2の歯形状の可動電極を両端部に持つ板状部材と、この板状部材を固定基板に結合する1対の保持部材と、前記板状部材に形成された歯とかみ合う歯を持つ固定電極とを備えてなることを特徴とするねじり振動子。

【請求項2】 前記固定電極に対し、同じ歯を持つ固定電極を1つ以上積層してなることを特徴とする請求項1に記載のねじり振動子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、光学機器の光走査等に適用することが可能なねじり振動子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、この種の素子としては例えばスパンバンドに反射ミラー、駆動コイルを取り付けて電磁的に駆動するようにした光走査素子（光偏光子）があるが、個々に独立した部品を組み立てる必要があることから、小形化することが難しいという欠点がある。この欠点を解決する方法の1つとして、スパンバンドと反射ミラーを一体に形成するものも知られている。図7はこのような装置を示すもので、例えばIBM "R&D" VOL. 24, p 631, '80に発表されている。同図において、21はシリコンプレートからスパンバンド22a, 22bと反射ミラー23とを一体に形成した振動子、24はガラス製の基板である。反射ミラー23は中心でこの基板24の突起25と接しているが、その左右は窪み26により一定のギャップが保たれている。27a, 27bは基板24に設けた電極で、一方の電極とミラー23との間に適宜な手段にて外部から電圧を印加することにより、ミラー23が静電引力で吸引されて傾くことから、ミラー23に当たった光は図7(口)に矢印で示すように走査されることになる。つまり、ミラー23が左右にゆだけ傾くと、光は2ゆだけ振れることになる。

【0003】 このような装置では、反射ミラーを駆動するために一定のギャップを設けた電極を設置するだけでも小形化も容易であるが、反射ミラーの振れ角がギャップ間距離によって決まってしまう。この反射ミラーの振れ角を大きくするには、窪みを深くしてギャップ距離を大きくする必要があるが、一定の静電気力を得るにはギャップ距離の2乗に比例した電圧を印加しなければならず、従って振れ角の増加と低電圧駆動とを両立させることが難しいという問題がある。そこで、出願人は図8に示すような装置を提案（以下、提案装置ともいう）している。なお、同図（イ）は斜視図、同図（ロ）はその断面図である。同図（イ）に示すように、この装置では絶縁材からなる枠体36と、これに接合されたシリコン基板37からなる固定電極35、板状部材31、保持部材としてのビーム33および可動部固定材34をオ

2

トエッティングプロセスで一体に形成し、ねじり振動子30を構成している。さらに、同図（ロ）の如く支持部材38により板状部材31を押し上げ、可動電極32と固定電極35に若干の重なりを残して段差Xを設け、一方の固定電極35と可動電極32との間に電圧を印加することにより、支持部材38を中心に板状部材31に設置した反射ミラー31Aを回転運動させるようにしている。このように、段差を設けた歯電極で駆動力を得るようにしているので小形、軽量となり、しかも段差を大きくすれば振れ角も大きくでき、さらには歯を多くすれば低電圧の駆動が可能となる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような装置で振れ角を大きくするためには、板状部材を厚くする必要があり、そうすると回転軸まわりの慣性モーメントが大きくなつて周波数が低くなり、そのため光走査スピードの向上には限界が生じるという問題がある。したがつて、この発明の課題は提案装置のものよりも低電圧かつ高速駆動が可能で、しかも薄型で大きな振れ角を得られるようにすることにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するため、この発明では、絶縁膜を挟んで形成された第1、第2の歯形状の可動電極を端部に持つ板状部材と、この板状部材を固定基板に結合する1対の保持部材と、前記板状部材に形成された歯とかみ合う歯を持つ固定電極とを設けたことを特徴としている。また、前記固定電極に対し、同じ歯を持つ固定電極を1つ以上積層して構成することを特徴としている。

## 【0006】

【作用】 2つの可動電極と固定電極との間に電圧を印加すると、2つの可動電極面には互いに垂直外向きに固定電極との電位差に応じた静電気力が作用するが、他方の電極と固定電極との間の電位差に比べ一方の電極と固定電極との電位差を大きく設定することにより、板状部材は保持部材を中心に他方の電極に生じる垂直外向きのトルクによって回転運動する。一方の電極に作用する静電気力は対向する歯状の固定電極内で同じ大きさとなるので、固定電極の厚さを増すことによりその分だけ振れ角を大きくすることができ、さらに静電気力は可動電極の歯に作用するので、その数を多くすれば、低電圧での駆動が可能となる。

## 【0007】

【実施例】 図1はこの発明の実施例を示す斜視図、図2はそのA断面図である。この実施例では、ねじり振動子10を構成する可動部材（板状部材）1、および1対の保持部材3a, 3bと固定電極5a, 5b（なお、電極5bについては図示を省略している）とを1枚のシリコンウエハよりフォトエッティングプロセスで一体に形成し、ガラス基板7に接合した後、固定電極5a, 5bを

50

他の部材とエッチングまたは機械的手段で分離し、絶縁する。なお、シリコンウエハのエッチングプロセスは、板状部材1の表面にSiO<sub>2</sub>の絶縁膜11および第2電極12(図2参照)となるアルミニウム(A1)をスパッタにて積層し、表と裏にマスクをして表からはねじり振動子10の外形を、また裏面からはその板厚が残るようエッチングする。保持部材3a, 3bは板状部材1の重心を通る軸上に設置してあり、可動電極4と固定電極5との間には適当なギャップDがあるので、板状部材1は保持部材3a, 3bを中心に回転運動することができる。

【0008】このような構成において、固定電極5aと板状部材1の1部を成す第1可動電極13および第2可動電極12との間に図2に示す如き電圧を印加すると、第1および第2電極には垂直・外向きに静電力f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>がそれぞれ働く。この力fは空気の誘電率をε、電極の長さをL、各可動電極と固定電極との電位差をV、固定電極と可動電極との距離をDとすると、

$$f = \epsilon \cdot L \cdot V^2 / 2D$$

で表わされる。従って、例えば第2可動電極の電位を固定電極と同じに設定すれば、

$$f_2 \approx 0$$

となり、

$$f = f_1 - f_2 \approx f_1 \approx \epsilon \cdot L \cdot V^2 / 2D$$

と表わされるので、可動電極をn本の歯で構成すると、2nfの駆動力が得られる。他方の固定電極に電圧を印加しても同様な力が得られ、板状部材は支持部を中心に或る角度αだけ回転するので、板状部材に反射ミラーを設置すれば、2αの光走査を行なうことができる。

【0009】このように、可動電極と固定電極を歯状に形成し、対向する固定電極の厚さの分の距離だけ可動電極が移動するよう構成したので、板状部材に適当な剛性があればどんなに薄くても良いため慣性モーメントを小さくでき、共振周波数を高く設定することができる。また、裏面からのシリコンエッチングの深さを大きくとれば振れ角も大きくでき、さらには歯数を多くすれば低電圧の駆動が可能となる。また、ここでは保持部材3a, 3bを直線状としたが、板状部材を支持できねじり剛性があるものならばどのようなものでも良い。また、ねじり振動子を構成する材料もシリコンに限らず、これと同様の加工が可能なものならば何を用いても良い。さらに、板状部材に2つの電極を形成すればねじり振動子自体は絶縁体としても良いものである。

【0010】図4はこの発明の他の実施例を示す斜視図、図5はそのB断面図である。図4に示すように、10は図1で説明した板状部材1、第1固定電極5aおよび基板7等からなるねじり振動子を示し、その上に第1固定電極と同形状の第2固定電極15a, 15bを位置合わせし、接合する。この第2固定電極15a, 15bはそれぞれ対応する第1固定電極5a, 5bのみを電気

的に接続しなければならないので、それ以外の電極との絶縁をとるため接続部17a～17dをエッチングまたは機械的手段で分離する。そして、図5に示すように、第1固定電極5aと第2固定電極15aの中央部に、可動電極4aが位置するように構成している。

【0011】図6に図5と直交する方向の断面図を示す。上記のような構成において、例えば第1可動電極13に0ボルト、第2可動電極12にVccボルトを印加し、固定電極5a, 15aにVccボルト、固定電極5b, 15bに0ボルトを印加すると、第1, 第2可動電極の各面に垂直外向きに固定電極との電位差の2乗に比例する静電力が発生するので、トータルの静電力だけを示すと同図の矢印Fの如くなり、可動電極の左右に全く等しいトルクが発生し、これによりねじり振動子は回転運動することになる。固定電極5a, 15aおよび5b, 15bに印加する電圧を左右逆にすれば、逆向きのトルクが発生する。このように、第1固定電極の上に第2固定電極を接合することにより、接合しない場合と同じ電圧を印加するものとすれば2倍のトルクが得られ、このことから低電圧で大振幅の駆動が可能となる。また、この実施例では第2固定電極を第1固定電極の上に接合したがこれは下でも良く、例えば第1固定電極と基板との間に接合するようにしても良い。

【0012】エッチングにより掘り込む深さと幅の比、すなわち、アスペクト比は余り大きくとれず通常は2、5程度なので、駆動部の効率を上げるために歯の幅を減らし集積度を上げる、つまり歯数を増すと、第1固定電極の裏面からのエッチング深さが小さくなるため、その厚さを大きくとれずねじり振動子の振幅に制限が生じていたが、この実施例では第2固定電極を接合することにより、固定電極の厚さを大きくできるので、振幅をさらに大きくすることができる。また、同様に第2固定電極と同形状のものを数枚積層することにより、振動子の振幅を数倍にすることも可能となる。

【0013】

【発明の効果】この発明によれば、薄板状の可動部材に2つの歯状電極を絶縁膜を介して積層し、可動部材の重心を通る軸上で可動部材と基板に接合された保持部材と、前記歯とかみ合い可動部材に比べ充分厚い固定電極とを基板に形成し、第1電極と第2電極および固定電極との電位差が大きくなるように設定して、第1, 第2電極に対し垂直・外向きに発生する静電気力の差で駆動するようにしたので、可動電極が薄くても対向する固定電極内で必要な駆動力を得ることができる。このため、ねじり振動子の慣性モーメントを小さくすることができ、共振周波数を高く設定することができるので、高速な駆動が可能となる。また、固定電極の厚さ方向の距離を大きくすれば振れ角を大きくでき、歯数を増やせば駆動力を大きくできるので、低電圧でも容易に大きな振れ角が得られるという利点がもたらされる。また、第1

固定電極の上に第2固定電極を接合し、可動電極をその中心に位置させて左右の固定電極に電圧を与える構成にすれば、ねじり振動子には保持部材を中心に2倍のトルクが生じるため、低電圧で大きな振れ角を得ることが可能となる。また、ねじり振動子に働くトルクは保持部材に対して偶力となるので、支持部材には回転以外の力が作用せず、振動子の上下動および面歪みが生じない安定した光走査が可能となる。さらには、数倍に積層すれば振れ角をより大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例を示す斜視図である。

【図2】図1のA断面図である。

【図3】図1の動作を説明するための断面図である。

【図4】この発明の他の実施例を示す斜視図である。

【図5】図4のB断面図である。

【図6】図4の動作を説明するための断面図である。

【図7】従来のガルバノミラーを説明するための説明図である。

【図8】提案装置を説明するための説明図である。

【符号の説明】

1 可動部材(板状部材)

4 可動電極

7 ガラス基板

3a 保持部材

3b 保持部材

4a 可動電極

4b 可動電極

5a 固定電極

5b 固定電極

10 ねじり振動子

11 絶縁膜

12 第2可動電極

13 支持部材(第1可動電極)

15a 第2固定電極

15b 第2固定電極

17a 接続部

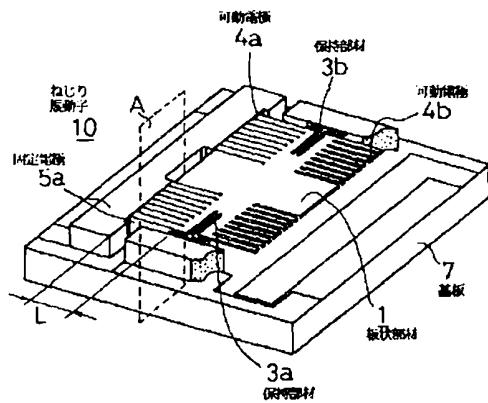
17b 接続部

17c 接続部

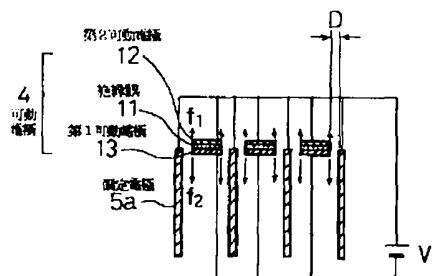
17d 接続部

20

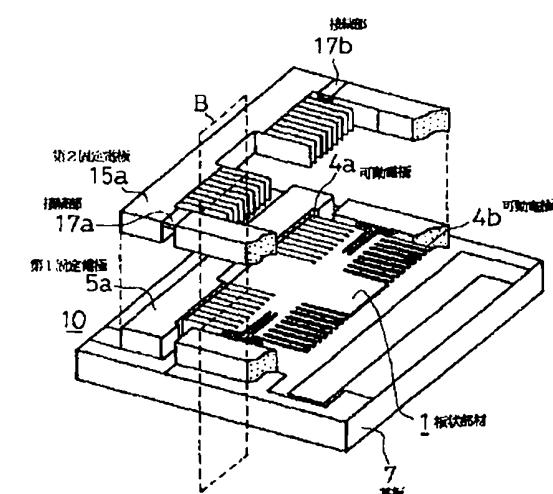
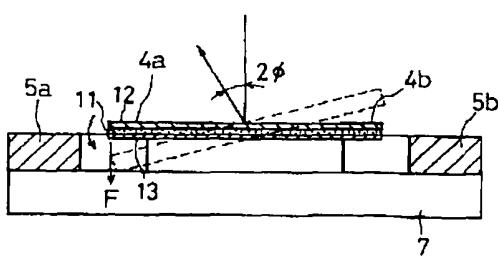
【図1】



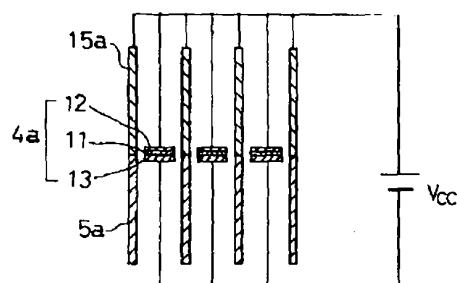
【図2】



【図3】

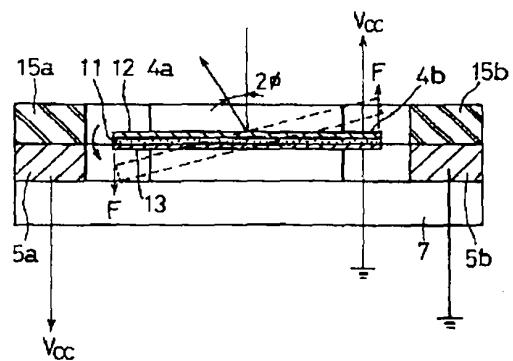


【図5】

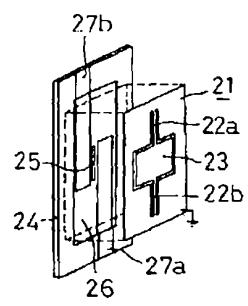


【図7】

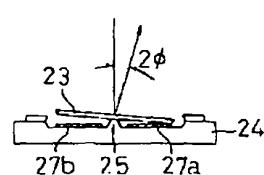
【図6】



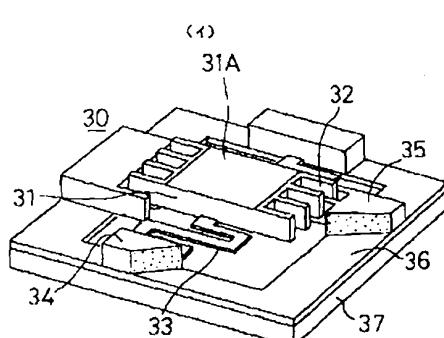
(1)



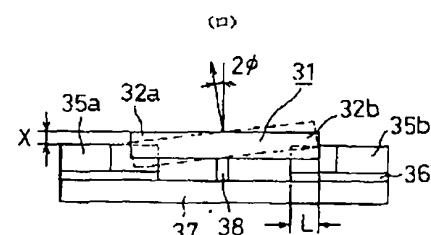
(□)



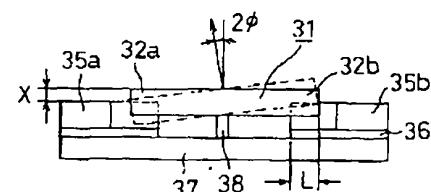
【図8】



(1)



(□)



PAT-NO: JP404343318A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04343318 A

TITLE: TORSIONAL VIBRATOR

PUBN-DATE: November 30, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NAKAGAWA, WATARU  
TSURUOKA, MICHIIKO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FUJI ELECTRIC CO LTD	N/A

APPL-NO: JP03142710

APPL-DATE: May 20, 1991

INT-CL (IPC): G02B026/10

US-CL-CURRENT: 366/108

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide the torsional vibrator of a thin type which can be driven by a low voltage and at a high speed, and by which a large deflection angle is obtained.

CONSTITUTION: The torsional vibrator is provided with a sheet-like plate member 1 having a first and a second movable electrodes of a comb-teeth shape laminated through an insulating film, holding members 3a, 3b joined to the plate member 1 and a substrate 7 on a shaft passing through the centroid of this plate member 1, and fixed electrodes 5a, 5b (5b is omitted from showing it in the figure) of a comb-teeth shape, which are engaged to comb teeth of the plate member 1 and have sufficient thickness, comparing with the plate member 1, and by impressing a voltage between a first and a second movable electrodes and the fixed electrodes 5a, 5b, the plate member 1 becomes rotatable in the periphery of the holding members 3a, 3b.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio